

## PATENT COOPERATION TREATY

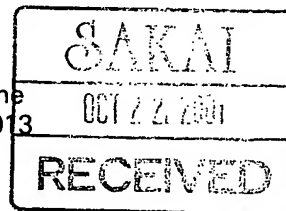
PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION CONCERNING  
SUBMISSION OR TRANSMITTAL  
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

To:

SAKAI, Hiroaki  
Tokyo Club Building  
2-6, Kasumigaseki 3-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0013  
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 11 October 2001 (11.10.01)	
Applicant's or agent's file reference 523772WO01	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP01/05416	International filing date (day/month/year) 25 June 2001 (25.06.01)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 29 June 2000 (29.06.00)
Applicant MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA et al	

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk(\*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
29 June 2000 (29.06.00)	2000-197135	JP	10 Augu 2001 (10.08.01)

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer

S. Mandafaz

Telephone No. (41-22) 338.83.38

# PATENT COOPERATION TREATY

WO 02/01684  
PCT/JP01/05416

**PCT**

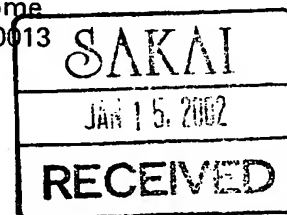
NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE  
COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL  
APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SAKAI, Hiroaki  
Tokyo Club Building  
2-6, Kasumigaseki 3-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0013  
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 03 January 2002 (03.01.02)		
Applicant's or agent's file reference 523772WO01		<b>IMPORTANT NOTICE</b>
International application No. PCT/JP01/05416	International filing date (day/month/year) 25 June 2001 (25.06.01)	
		Priority date (day/month/year) 29 June 2000 (29.06.00)
Applicant MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has **communicated**, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this notice:

**US**

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

**EP**

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 03 January 2002 (03.01.02) under No. WO 02/01684

## REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a **demand for international preliminary examination** must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination (at present, all PCT Contracting States are bound by Chapter II).

## REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the **national phase**, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and the PCT Applicant's Guide, Volume II.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer  J. Zahra
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.91.11

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05416

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. <sup>7</sup> H01S 3/10, H04J 14/02, H04B 10/17		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. <sup>7</sup> H01S 3/10, H01S 3/067, H04J 14/02, H04B 10/17		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 5812710 A (Fujitsu Limited), 22 September, 1998 (22.09.98), column 5, lines 54 to 64; column 13, line 40 to column 15, line 58; Figs. 16 to 19  & JP 9-211507 A Par. Nos. [0022], [0052] to [0060]; Figs. 11 to 14 & GB 2349287 A	1, 2, 6, 7 3-5, 16-20, 22-30, 32-40, 46-50, 52-55, 57-65
X Y	JP 7-64134 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 10 March, 1995 (10.03.95), Par. Nos. [0037] to [0045]; Fig. 5 (Family: none)	11-15 3-5, 8-10, 18-20, 23-25, 28-35, 38-45, 48-55, 58-60, 63-65
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 September, 2001 (18.09.01)		Date of mailing of the international search report 02 October, 2001 (02.10.01)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05416

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6023366 A (Fujitsu Limited), 08 February, 2000 (08.02.00), column 9, line 45 to column 10, line 60; Figs. 8 to 9 & JP 9-321701 A Par. Nos. [0069] to [0081]; Figs. 8 to 9	16-20, 31-35, 51-55, 61-65
Y	JP 6-45682 A (Fujitsu Limited), 18 February, 1994 (18.02.94), Par. Nos. [0011], [0073] to [0075]; Figs. 2, 11 (Family: none)	16-20, 31-35 51-55, 61-65
X	US 5818629 A (Fujitsu Limited), 06 October, 1998 (06.10.98), column 11, line 42 to column 12, line 38; Fig. 16	21
Y	& JP 9-159526 A Par. Nos. [0093] to [0101]; Fig. 16	22-25, 26-30, 46-50, 57-60
Y	EP 911926 A1 (Nippon Telegraph and Tel. Corporation), 28 April, 1999 (28.04.99), Fig. 1 & JP 10-294510 A Fig. 1 & US 6172803 B                      & WO 98/36479 A1	41-45, 51-55, 56-65
Y	US 6055092 A (Fujitsu Limited), 25 April, 2000 (25.04.00), Fig. 1 & JP 8-248455 A Fig. 1	36-40, 46-50, 56-65

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP01/05416

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S 3/10, H04J 14/02, H04B 10/17

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01S 3/10, H01S 3/067, H04J 14/02, H04B 10/17

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US 5812710 A (Fujitsu Limited) 22. 9月. 1998 (22. 09. 98) 第5欄第54行-第64行, 第13欄第40行-第15欄第58 行, 第16-19図  & JP 9-211507 A, 段落番号【0022】,	1, 2, 6, 7 3-5, 16-20, 22-30, 32-40, 46-50, 52-55, 57-65

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 09. 01

国際調査報告の発送日

02.10.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

河原 正

2K

9017

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	【0052】 - 【0060】 , 第11-14図 &GB 2349287 A	
X Y	JP 7-64134 A (日本電信電話株式会社) 10. 3月. 1995 (10. 03. 95) 段落番号【0037】 - 【0045】 , 第5図 (ファミリーなし)	11-15 3-5, 8-10, 18-20, 23-25, 28-35, 38-45, 48-55, 58-60, 63-65
Y	US 6023366 A (Fujitsu Limited) 8. 2月. 2000 (08. 02. 00) 第9欄第45行-第10欄第60行, 第8-9図 &JP 9-321701 A, 段落番号【0069】 - 【0081】 , 第8-9図	16-20, 31-35, 51-55, 61-65
Y	JP 6-45682 A (富士通株式会社) 18. 2月. 1994 (18. 02. 94) , 段落番号【0011】 , 【0073】 - 【0075】 , 第2図, 第11図 (ファミリーなし)	16-20, 31-35 51-55, 61-65
X Y	US 5818629 A (Fujitsu Limited) 6. 10月. 1998 (06. 10. 98) 第11欄第42行-第12欄第38行, 第16図  &JP 9-159526 A, 段落番号【0093】 - 【0101】 , 第16図	21 22-25, 26-30, 46-50, 57-60
Y	EP 911926 A1 (Nippon Telegraph and Tel. Corp.) 28. 4月. 1999 (28. 04. 99) , 第1図 &JP 10-294510 A, 第1図 &US 6172803 B &WO 98/36479 A1	41-45, 51-55, 56-65
Y	US 6055092 A (Fujitsu Limited) 25. 4月. 2000 (25. 04. 00) , 第1図 &JP 8-248455 A, 第1図	36-40, 46-50, 56-65

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 1 月 3 日 (03.01.2002)

PCT

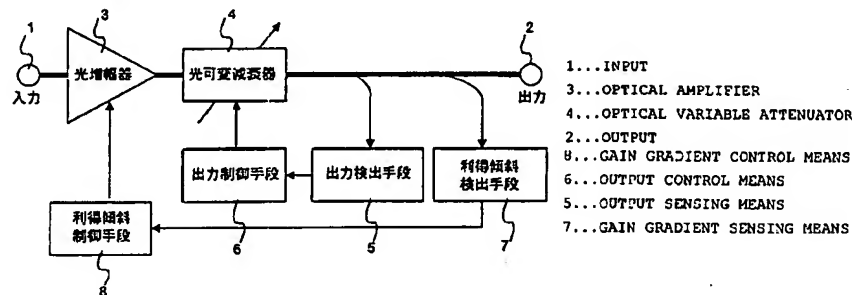
(10) 国際公開番号  
WO 02/01684 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01S 3/10, H04J 14/02, H04B 10/17 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/05416 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 加治屋哲 (KAJIYA, Satoshi) [JP/JP], 清水克宏 (SHIMIZU, Katsuhiro) [JP/JP], 伊藤恭彦 (ITO, Takahiko) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).  
(22) 国際出願日: 2001 年 6 月 25 日 (25.06.2001)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 酒井宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関三丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング Tokyo (JP).  
(30) 優先権データ: 特願2000-197135 2000 年 6 月 29 日 (29.06.2000) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (国内): US.  
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL AMPLIFIER DEVICE

(54) 発明の名称: 光増幅装置



(57) Abstract: An optical amplifier device comprising an optical amplifier (3) for amplifying an input signal light, output sensing means (5) for measuring the output level of the optical amplifier, output control means (6) for controlling the output level of the optical amplifier in accordance with the output level measured by the output sensing means (5), gain gradient sensing means (7) for measuring the gain gradient relating to the wavelength of the optical amplifier, and gain gradient control means (8) for controlling the gain gradient of the optical amplifier (3) in accordance with the gain gradient measured by the gain gradient sensing means (7).

(57) 要約:

入力信号光を増幅する光増幅器 (3) と、光増幅器の出力レベルを検出する出力検出手段 (5) と、出力検出手段 (5) により検出される出力レベルに応じて光増幅器の出力レベルを制御する出力制御手段 (6) と、光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段 (7) と、利得傾斜検出手段 (7) により検出される利得傾斜に応じて光増幅器 (3) の利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段 (8) とを設ける。



添付公開 類:  
国際調査報告

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。



## 明 細 書

## 光増幅装置

## 5 技術分野

この発明は、光増幅装置に関し、特に、波長多重伝送の光中継器等に利用される光増幅装置に関するものである。

## 背景技術

- 10 インターネットをはじめとする通信需要の急激な増加により、近年、ネットワークの大容量化および高速化に関する研究開発、実用化が盛んになされている。信号伝送方式の一つとして、1本の伝送ファイバに複数の互いに異なる波長の信号光を多重して伝送する波長多重伝送方式が知られている。波長多重伝送方式による信号伝送では、各波長の信号ごとにそれぞれ情報を伝送することができ、大
- 15 容量化に適している。希土類添加光ファイバで構成される光ファイバ増幅器（光増幅器）は、伝送速度に依存しない、中継器の簡素化が可能、入力される信号光を一括して増幅するといった特徴を持ち、波長多重伝送に適した増幅器である。

- しかし、光増幅器には、利得の波長依存性があり、増幅後の各波長の光出力、或いは利得に波長間偏差を生ずることが知られている。このため、伝送後の光
- 20 パワーには波長間偏差が生じる。特に、光増幅器による多段中継を行う場合には、各中継段における光増幅器による波長間偏差が積算されることになるため、伝送後の光パワーの波長間偏差が大きくなるという不具合を生じる。

- 上述の様な問題を解決するための光増幅器利得等化技術としては、たとえば、特開平9-211507号公報に示された技術（光等化増幅装置）がある。この
- 25 光等化増幅装置は、波長多重光の増幅において、光入出力レベルを一定にすると共に、複数の波長成分の各出力レベルを等化する装置であり、第17図に示されているように、入力端子101と出力端子102との間に、光増幅器103と可

変光減衰器 104 とを有している。

光増幅器 103 は、励起率が高いときには長波長側の利得が小さく、励起率が低いときには短波長側の利得が小さくなる利得傾斜特性を示す。すなわち、光増幅器 103 は、励起率が高いときには、波長に対する利得の傾きが負になり、励起率が低いときには、波長に対する利得の傾きが正になる。励起率を変化させる手段として、励起パワーを制御する手段と、増幅器に入力する信号光の光レベルを制御する手段がある。

上述のような光増幅装置では、入力された波長多重信号は光増幅器 103 で増幅され、光増幅器 103 の出力側で各波長のレベルを検出し、各波長のレベル（利得）が等化になるよう光増幅器 103 の励起パワーを制御（ゲイン制御）する。また可変光減衰器 104 の出力側で出力レベルを検出し、一定の光レベルになるよう可変光減衰器 104 による出力信号光の減衰量を制御（出力制御）する。

しかしながら、伝送路や受動デバイスには波長依存性減衰を有しており、光増幅器の入力で異なるレベルの光信号が受信される。この要因によって、波長によって光レベルに偏差が生じてしまう。1 台の光増幅器によって生じる光レベルの偏差は小さいが、たとえば、大陸間を結ぶ海底ケーブルのような長距離伝送においては、数十台から数百台の光増幅器が設けられているので、上述したような偏差が累積すると、特定の信号波長のチャネルにおいて光レベルが小さくなり、光信号対雑音比の劣化を招くおそれがある。

ここで、多重化された波長のうち、最も低いパワーの波長信号が伝送後の受信パワーの下限值であるので、最大伝送距離は、最も低いパワーの波長信号によって制限される。したがって、伝送後の波長間偏差を低減することが最大中継伝送距離を拡大させる上で重要となる。伝送後の光信号対雑音比のチャネルばらつきや、受信特性のばらつきを小さくするものとして、送信側で予め利得傾斜を付ける（プリアンファシスをする）技術がある。また、インライン自動利得傾斜補償器を伝送路に挿入してもよい。

しかしながら、大きなプリアンファシスの付与は、光 SNR を減少させ、また

- 距離平均の信号光パワーの上昇に起因する伝送路の非線形効果により、信号波形を歪ませることになる。また、プリアンファシスの効果は、伝送距離が長くなるにつれて小さくなると云う不具合を含んでいる。これに対し、インライン自動利得傾斜補償器では、光S/NR及び受信特性の過剰な劣化を抑えることができるが、
- 5 補償器の信頼性や装置コストが高くなると云った別の問題が生じる。

従って、この発明は、波長多重光の増幅において、プリアンファシスの付与によらず、また補償器の信頼性や装置コストが高くなると云った別の問題を生じることなく、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を提供することを目的としている。

10

#### 発明の開示

- この発明による光増幅装置は、入力信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の出力レベルを制御する出力制御手段と、前記
- 15 光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

- つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力
- 20 側で出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有している
- 25 ものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力

側で出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可

変減衰器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する第1の光増幅器と、前記第1の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、前記第2の光増幅器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、前記第2の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記第1の光増幅器と前記第2の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する第1の光増

幅器と、前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、前記第 2 の光増幅器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記第 1 の光増幅器と前記第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、前記第 2 の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、前記増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、前記第 2 の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記第 2 の光増幅器の利

得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。

- つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、
- 5 前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記信号光を増幅する第1の光増幅器と、前記第1の光増幅器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、前記第2の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出
- 10 される出力レベルに応じて前記第1の光増幅器と前記第2の光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段とを有しているものである。
- 15 つぎの発明による光増幅装置は、入力の波長多重信号光を励起光源で増幅する光増幅器と、前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、前記信号光を増幅する第1の光増幅器と、前記第1の光増幅器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、前記第2の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、前記波長選択
- 20 手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、前記第2の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記第1光増幅器の励起光源と前記第2の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得
- 25 傾斜制御手段とを有しているものである。

つぎの発明による光増幅装置は、前記利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものである。





つぎの発明による光増幅装置は、前記利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものである。

つぎの発明による光増幅装置は、最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波  
5 長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものである。

つぎの発明による光増幅装置は、3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものである。

#### 10 図面の簡単な説明

第1図は、この発明による光増幅装置の実施の形態1の構成を示す図であり、第2図は、実施の形態1による光増幅装置の利得傾斜制御例を示すグラフであり、第3図は、この発明による光増幅装置における利得傾斜検出手段の一つの実施の形態の構成を示す図であり、第4図は、この発明による光増幅装置における利得  
15 傾斜検出手段の他の実施の形態の構成を示す図であり、第5図は、この発明による光増幅装置の実施の形態2の構成を示す図であり、第6図は、この発明による光増幅装置の実施の形態3の構成を示す図であり、第7図は、この発明による光増幅装置の実施の形態4の構成を示す図であり、第8図は、この発明による光増幅装置の実施の形態5の構成を示す図であり、第9図は、この発明による光増幅  
20 装置の実施の形態6の構成を示す図であり、第10図は、この発明による光増幅装置の実施の形態7の構成を示す図であり、第11図は、実施の形態7による光増幅装置の利得傾斜制御例を示すグラフであり、第12図は、この発明による光増幅装置の実施の形態8の構成を示す図であり、第13図は、この発明による光増幅装置の実施の形態9の構成を示す図であり、第14図は、この発明による光  
25 増幅装置の実施の形態10の構成を示す図であり、第15図は、この発明による光増幅装置の実施の形態11の構成を示す図であり、第16図は、この発明による光増幅装置の実施の形態12の構成を示す図であり、第17図は、光増幅装置

の従来例の構成を示す図である。

#### 発明を実施するための最良形態

以下に、添付の図を参照して、この発明にかかる光増幅装置の実施の形態を詳

5 細に説明する。

#### 実施の形態 1.

第 1 図はこの発明による光増幅装置の実施の形態 1 を示している。第 1 図において、1 は入力端子、2 は出力端子、3 は光増幅器、4 は光可変減衰器、5 は出力検出手段、6 は出力制御手段、7 は利得傾斜検出手段、8 は利得傾斜制御手段  
10 をそれぞれ示している。

実施の形態 1 による光増幅装置は、光増幅器 3 と、光可変減衰器 4 と、出力検出手段 5 と、出力制御手段 6 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 8 とを有している。光増幅器 3 は、図示されていない光ファイバを接続される入力端子 1 に入力する波長多重信号光を増幅する。

15 光可変減衰器 4 は、光増幅器 3 の出力信号光を可変減衰するものであり、たとえば、磁気光学効果を利用したファラデー回転子で実現することができる。このほか、光可変減衰器 4 は、 $\text{LiNbO}_3$  の電気光学効果や、音響光学的な効果を利用したもので構成することも可能である。

出力検出手段 5 は、光可変減衰器 4 の出力レベルを検出し、その検出値を出力  
20 制御手段 6 に出力する。出力制御手段 6 は、出力検出手段 5 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光可変減衰器 4 による出力信号光の減衰量を制御する。

利得傾斜検出手段 7 は、光可変減衰器 4 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 8 に出力する。利得傾斜制御手段 8 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて光増幅器 3 の励起光を調節  
25 し、利得傾斜を適正值に制御する。

第 2 図は、利得傾斜制御例を示している。この利得傾斜制御例では、光増幅器

3の入力レベルを $-8\text{ dBm}$ 、光可変減衰器4の出力レベルを $+1\text{ dBm}$ とし、光増幅器3の利得 $G$ をそれぞれ9、11、13 dBとして制御している。これより、光増幅器3の利得 $G$ のみを制御することで、利得傾斜が制御されていることが分かる。上述のような制御により、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎに、利得傾斜検出手段7の具体例を第3図を参照して説明する。この利得傾斜検出手段7は、波長多重信号光を分波し、最短波長 $\lambda_1$ と最長波長 $\lambda_n$ の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであり、光増幅器3の波長多重光出力、厳密には光可変減衰器4の波長多重光出力のうち、最短波長 $\lambda_1$ と最長波長 $\lambda_n$ の成分のみを波長選択手段9によって分離し、そのそれぞれを光検出手段10-1と10-nに送る。なお、波長選択手段9は光フィルタを用いて容易に構成することができ、光検出手段10-1、10-nとしては、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、フォトカウンタなどを用いることができる。

ここでは、最短波長光 $\lambda_1$ を光検出手段10-1に送り、最長波長光 $\lambda_n$ を光検出手段10-nに送る。光検出手段10-1および10-nは、それぞれ受信した光を電気信号に変換して信号光の最短波長 $\lambda_1$ のレベルと最長波長 $\lambda_n$ のレベルを検出し、各検出値を利得傾斜検出回路11へ送る。利得傾斜検出回路11は、最短波長 $\lambda_1$ のレベルと最長波長 $\lambda_n$ のレベルとを比較することで、利得傾斜を検出することができる。

なお、以上説明した実施の形態では、最短波長 $\lambda_1$ と最長波長 $\lambda_n$ の成分から利得傾斜を検出しているが、これ以外に、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出してもよい。この場合には、波長多重された光信号を該多重された波長の数だけ波長選択手段を挿入してもよく、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\dots$ 、 $\lambda_n$ を多重された信号光を、波長選択手段で、それぞれ波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\dots$ 、 $\lambda_n$ について分離して光検出手段に送る。その後は、上述の実施の形態の場合と同様の動作となる。

また、送信側で、最短波 $\lambda_1$ と最長波 $\lambda_n$ の光信号に、それぞれ異なる周波数

成分を重畳し、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出することもでき、低周波トーン信号重畳方式を採用することにより、累積自然放出光雑音の影響の無い、正確な利得制御が可能になる。この場合の利得傾斜検出手段7の構成例を第4図を参照して説明する。利得傾斜検出手段7は、光検出  
5 手段10と、バンドパスフィルタ（BPF）12-1, 12-nと、レベル検出手段13-1, 13-nと、利得傾斜検出回路14とにより構成されている。

光中継器の波長多重光出力を光検出手段10に入力し、検出信号の中から各波長に割り当てられた周波数成分をバンドパスフィルタ12-1, 12-nでそれぞれ抽出し、その周波数成分の信号光の各レベルをレベル検出手段13-1, 1  
10 3-nで検出する。

ここでは、バンドパスフィルタ12-1で最短波長 $\lambda_1$ に重畳されている周波数成分 $f_1$ を、バンドパスフィルタ12-nで最長波長 $\lambda_n$ に重畳されている周波数成分 $f_n$ をそれぞれ抽出する。レベル検出手段13-1および13-nは、それぞれ抽出した周波数成分 $f_1$ と $f_n$ のそれぞれのレベルを検出し、その各検出  
15 値を利得傾斜検出回路14へ送る。利得傾斜検出回路14は、その周波数成分のレベルを比較することで利得傾斜を検出する。

なお、上述した実施の形態では、最短波長と最長波長のみに異なる周波数成分を重畳して利得傾斜を検出しているが、3波以上の光信号のそれぞれに異なる周波数成分を重畳し、利得傾斜検出回路は、重畳された各周波数成分を検波して利  
20 得傾斜を検出してもよい。この場合、各光送信器の出力する光の波長、および重畳する正弦波信号の周波数を互いに相違させる必要がある。また、利得傾斜検出手段7では、重畳する周波数に応じた数のバンドパスフィルタおよびレベル検出手段を用意する。また各バンドパスフィルタの中心周波数は重畳される正弦波信号の周波数に対応させる。

25 実施の形態2.

第5図はこの発明による光増幅装置の実施の形態2を示している。なお、第5図において、第1図に対応する部分は、第1図に付した符号と同一の符号を付け

て、その説明を省略する。

実施の形態 2 による光増幅装置は、光増幅器 3 と、光可変減衰器 4 と、出力検出手段 5 と、出力制御手段 1 5 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 1 6 とを有している。

- 5      出力制御手段 1 5 は、出力検出手段 5 により検出される出力レベルに応じて、その出力レベルが一定となるよう光増幅器 3 の励起光源の出力光を制御する。利得傾斜制御手段 1 6 は、利得傾斜検出手段 7 により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器 4 による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を最適値に制御する。

- 10      上述のような制御により、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

実施の形態 3.

- 15      第 6 図はこの発明による光増幅装置の実施の形態 3 を示している。なお、第 6 図において、第 1 図に対応する部分は、第 1 図に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

実施の形態 3 による光増幅装置は、光増幅器 3 と、補償光源 1 7 と、波長選択手段 1 8 と、出力検出手段 5 と、出力制御手段 1 9 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 8 とを有している。

- 20      補償光源 1 7 は、光増幅器 3 への入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を光増幅器 3 の入力側に注入する。この場合、光増幅器 3 の利得は信号光と補償光の合計パワーによって変化し、このため、補償光のパワーによって信号光のパワーが変化し、出力端子 2 における波長多重光のレベルが変化する。波長選択手段 1 8 は、たとえば、光リジェクションフィルタやカップラによって構成され、  
25      光増幅器 3 の出力光のうち、補償光源 1 7 の波長の光（補償光）のみを遮断し、その他の波長多重光を透過させる。

出力検出手段 5 は、波長選択手段 1 8 の出力側で波長多重光の出力レベルを検

出し、その検出値を出力制御手段 19 に出力する。出力制御手段 19 は、出力検  
出手段 5 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて  
補償光源 17 の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段 7 は、光可変減衰器 4  
の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 8 に出力する。利  
5 得傾斜制御手段 8 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値  
）に応じて光増幅器 3 の励起光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光  
の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増  
幅装置を実現することができる。

#### 10 実施の形態 4.

第 7 図は、この発明による光増幅装置の実施の形態 4 を示している。なお、第  
7 図において、第 5 図、第 6 図に対応する部分は、第 5 図、第 6 図に付した符号  
と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

実施の形態 4 による光増幅装置は、光増幅器 3 と、補償光源 17 と、波長選択  
15 手段 18 と、出力検出手段 5 と、出力制御手段 15 と、利得傾斜検出手段 7 と、  
利得傾斜制御手段 20 とを有している。

出力検出手段 5 は、波長選択手段 18 の出力側で波長多重光の出力レベルを検  
出し、その検出値を出力制御手段 15 に出力する。出力制御手段 15 は、出力検  
出手段 5 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて  
20 光増幅器 3 の励起光源の出力光を制御する。利得傾斜検出手段 7 は、光可変減衰  
器 4 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 20 に出力す  
る。利得傾斜制御手段 20 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜  
（検出値）に応じて補償光源 17 の出力レベルを調節し、利得傾斜を適正值に制  
御する。

25 したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光  
の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増  
幅装置を実現することができる。

出し、その検出値を出力制御手段 19 に出力する。出力制御手段 19 は、出力検出手段 5 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて補償光源 17 の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段 7 は、光可変減衰器 4 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 8 に出力する。利得傾斜制御手段 8 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて光増幅器 3 の励起光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

#### 10 実施の形態 4.

第 7 図は、この発明による光増幅装置の実施の形態 4 を示している。なお、第 7 図において、第 5 図、第 6 図に対応する部分は、第 5 図、第 6 図に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

実施の形態 4 による光増幅装置は、光増幅器 3 と、補償光源 17 と、波長選択手段 18 と、出力検出手段 5 と、出力制御手段 15 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 20 とを有している。

出力検出手段 5 は、波長選択手段 18 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 15 に出力する。出力制御手段 15 は、出力検出手段 5 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光増幅器 3 の励起光源の出力光を制御する。利得傾斜検出手段 7 は、光可変減衰器 4 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 20 に出力する。利得傾斜制御手段 20 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて補償光源 17 の出力レベルを調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

#### 実施の形態 5.

第 8 図は、この発明による光増幅装置の実施の形態 5 を示している。なお、第 8 図において、第 1 図、第 7 図に対応する部分は、第 1 図、第 7 図に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

- 5      実施の形態 5 による光増幅装置は、光増幅器 3 と、光可変減衰器 4 と、補償光源 17 と、波長選択手段 18 と、出力検出手段 5 と、出力制御手段 6 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 20 とを有している。

- 出力検出手段 5 は、波長選択手段 18 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 6 に出力する。出力制御手段 6 は、出力検出手段 5 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光可変減衰器 4 による出力信号光の減衰量を制御する。利得傾斜検出手段 7 は、光可変減衰器 4 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 20 に出力する。利得傾斜制御手段 20 は、実施の形態 4 と同様に、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて補償光源 17 の出力レベルを調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

#### 実施の形態 6.

- 20      第 9 図は、この発明による光増幅装置の実施の形態 6 を示している。なお、第 9 図において、第 5 図、第 6 図に対応する部分は、第 5 図、第 6 図に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

- 実施の形態 6 による光増幅装置は、光増幅器 3 と、光可変減衰器 4 と、補償光源 17 と、波長選択手段 18 と、出力検出手段 5 と、出力制御手段 19 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 16 とを有している。

出力検出手段 5 は、波長選択手段 18 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 19 に出力する。出力制御手段 19 は、実施の



形態3と同様に、出力検出手段5により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて補償光源17の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段7は、光可変減衰器4の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段16に出力する。利得傾斜制御手段16は、実施の形態2と同様に、利得傾斜検出手段7により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を最適値に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

#### 10 実施の形態7.

第10図は、この発明による光増幅装置の実施の形態7を示している。なお、第10図において、第1図に対応する部分は、第1図に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

実施の形態7による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、出力検出手段5-1および5-2と、出力制御手段6と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段23と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。

第1の光増幅器3-1の利得と第2の光増幅器3-2の利得は常に同一とする。第2の光増幅器3-2の出力レベルを出力検出手段5-2でモニタし、そのレベルが一定となるように出力制御手段6を用いて光可変減衰器4を制御する。光可変減衰器4の減衰量Aは、第1の光増幅器3-1の利得と第2の光増幅器3-2の利得を共にG、第1の光増幅器3-1の入力レベルをP1、第2の光増幅器3-2の出力レベルをP2とすれば、 $A = P2 - P1 - 2 \times G$ と一意に決まる。一方、利得傾斜Dは、 $D = D(G)$ と利得Gの関数で表される。

すなわち、利得傾斜Dは第1の光増幅器3-1と第2の光増幅器3-2の利得Gによって一意に決めうるることができる。光増幅器の利得Gのみを外部から与えることにより入出力レベルを変化させずに利得傾斜を制御できる。

第11図は、利得傾斜制御例を示している。この利得傾斜制御例では、第1の光増幅器3-1の入力レベルP1を-8 dBm、第2の光増幅器3-2の出力レベルP2を+3 dBmとし、増幅器の利得Gをそれぞれ9、11、13 dBとして制御している。増幅器の利得Gのみを制御することで、利得傾斜が制御されていることが分かる。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

実施の形態8.

第12図は、この発明の光増幅器の実施の形態8を示している。なお、第12図において、第5図、第10図に対応する部分は、第5図、第10図に付した符号と同一の符号を付けてその説明を省略する。

実施の形態8による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、出力検出手段5-1および5-2と、出力制御手段15と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段16と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。

出力制御手段15は、出力検出手段5-2により検出される出力レベルに応じて、その出力レベルが一定となるように第1の光増幅器3-1と第2の光増幅器3-2の励起光源の出力光を制御する。その際、第1の光増幅器3-1の利得と第2の光増幅器3-2の利得が等しくなるように利得制御手段24-1と利得制御手段24-2は励起光源の出力光を制御する。利得傾斜制御手段16は、利得傾斜検出手段7により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を最適値に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

実施の形態9.

第13図は、この発明による光増幅器の実施の形態9を示している。

実施の形態9による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、第1の補償光源17-1と、第2の補償光源17-2と、第1の波長選択手段18-1と、第2の波長選択手段18-2と、出力  
5 検出手段5-1および5-2と、出力制御手段6と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段20と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手段24-1および24-2とを有している。なお、1は入力端子、2は出力端子である。

出力検出手段5-2は、第2の波長選択手段18-2の出力側で波長多重光の  
10 出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段6に出力する。出力制御手段6は、出力検出手段5-2により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて光可変減衰器4による出力信号光の減衰量を制御する。利得傾斜検出手段7は、第2の波長選択手段18-2の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段20に出力する。利得傾斜制御手段20は、利得傾斜  
15 検出手段7によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第1の補償光源17-1、第2の補償光源17-2の出力レベルを調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態1の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増  
20 幅器を実現することができる。

実施の形態10.

第14図は、この発明による光増幅器の実施の形態10を示している。

実施の形態10による光増幅装置は、第1の光増幅器3-1と、第2の光増幅器3-2と、光可変減衰器4と、第1の補償光源17-1と、第2の補償光源17-2と、第1の波長選択手段18-1と、第2の波長選択手段18-2と、出力  
25 検出手段5-1および5-2と、出力制御手段19と、利得傾斜検出手段7と、利得傾斜制御手段16と、入力検出手段21-1および21-2と、利得制御手

段 24-1 および 24-2 とを有している。なお、1 は入力端子、2 は出力端子である。

出力検出手段 5-2 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 19 に出力する。出力制御手段 19 は、出力検出手段 5-2 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて第 1 の補償光源 17-1、第 2 の補償光源 17-2 の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段 7 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 16 に出力する。利得傾斜制御手段 16 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて光可変減衰器 4 による出力信号光の減衰量を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

実施の形態 11.

第 15 図は、この発明による光増幅器の実施の形態 11 を示している。

実施の形態 11 による光増幅装置は、第 1 の光増幅器 3-1 と、第 2 の光増幅器 3-2 と、第 1 の補償光源 17-1 と、第 2 の補償光源 17-2 と、第 1 の波長選択手段 18-1 と、第 2 の波長選択手段 18-2 と、出力検出手段 5-1 および 5-2 と、出力制御手段 19 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 23 と、入力検出手段 21-1 および 21-2 と、利得制御手段 24-1 および 24-2 とを有している。なお、1 は入力端子、2 は出力端子である。

出力検出手段 5-2 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 19 に出力する。出力制御手段 19 は、出力検出手段 5-2 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて第 1 の補償光源 17-1、第 2 の補償光源 17-2 の出力レベルを制御する。利得傾斜検出手段 7 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力か

ら利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 23 に出力する。利得傾斜制御手段 23 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第 1 の光増幅器 3-1、第 2 の光増幅器 3-2 の励起光源の出力光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

- 5       したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

実施の形態 12.

第 16 図は、この発明による光増幅器の実施の形態 12 を示している。

- 10       実施の形態 12 による光増幅装置は、第 1 の光増幅器 3-1 と、第 2 の光増幅器 3-2 と、第 1 の補償光源 17-1 と、第 2 の補償光源 17-2 と、第 1 の波長選択手段 18-1 と、第 2 の波長選択手段 18-2 と、出力検出手段 5-1 および 5-2 と、出力制御手段 15 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 20 と、入力検出手段 21-1 および 21-2 と、利得制御手段 24-1 および 24-2 とを有している。なお、1 は入力端子、2 は出力端子である。

- 15       出力検出手段 5-2 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 15 に出力する。出力制御手段 15 は、出力検出手段 5-2 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて第 1 の光増幅器 3-1、第 2 の光増幅器 3-2 の励起光源の  
20       出力光を制御する。利得傾斜検出手段 7 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 20 に出力する。利得傾斜制御手段 20 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第 1 の補償光源 17-1、第 2 の補償光源 17-2 の出力光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

- 25       したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

ら利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 23 に出力する。利得傾斜制御手段 23 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第 1 の光増幅器 3-1、第 2 の光増幅器 3-2 の励起光源の出力光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

- 5       したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

実施の形態 12.

第 16 図は、この発明による光増幅器の実施の形態 12 を示している。

- 10       実施の形態 12 による光増幅装置は、第 1 の光増幅器 3-1 と、第 2 の光増幅器 3-2 と、第 1 の補償光源 17-1 と、第 2 の補償光源 17-2 と、第 1 の波長選択手段 18-1 と、第 2 の波長選択手段 18-2 と、出力検出手段 5-1 および 5-2 と、出力制御手段 15 と、利得傾斜検出手段 7 と、利得傾斜制御手段 20 と、入力検出手段 21-1 および 21-2 と、利得制御手段 24-1 および 24-2 とを有している。なお、1 は入力端子、2 は出力端子である。

- 出力検出手段 5-2 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力側で波長多重光の出力レベルを検出し、その検出値を出力制御手段 15 に出力する。出力制御手段 15 は、出力検出手段 5-2 により検出される出力レベルが一定となるように、前記検出値に応じて第 1 の光増幅器 3-1、第 2 の光増幅器 3-2 の励起光源の  
20       出力光を制御する。利得傾斜検出手段 7 は、第 2 の波長選択手段 18-2 の出力から利得傾斜を検出し、その検出値を利得傾斜制御手段 20 に出力する。利得傾斜制御手段 20 は、利得傾斜検出手段 7 によって検出される利得傾斜（検出値）に応じて第 1 の補償光源 17-1、第 2 の補償光源 17-2 の出力光を調節し、利得傾斜を適正值に制御する。

- 25       したがって、この実施の形態でも、実施の形態 1 の場合と同様に、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅器を実現することができる。

以上の説明から理解される如く、この発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光増幅器の出力レベルを制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光増幅器の利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にする  
5 と共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベル  
10 を一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベル  
15 を一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光増幅器の励起光源の出力光を調節することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御  
20 できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御  
25 できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて第1の光増幅器と第2の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて第1の光増幅器と第2の光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にすると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。



つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にする  
5   すると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段の出力に応じて第1と第2の光増幅器の励起光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、光出力レベルを一定にする  
10   すると共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、出力検出手段により検出される出力レベルに応じて補償光源の出力光を制御し、利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて第1光増幅器の励起光源と第2の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御することが行われるから、波長多重光の増幅において、  
15   光出力レベルを一定にする  
と  
共に、利得傾斜を制御できる光増幅装置を実現することができる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が的確に行われる。

20   つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が的確に行われる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が  
25   的確に行われる。

つぎの発明による光増幅装置によれば、利得傾斜検出手段が、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するから、利得傾斜の検出が的確に行

われる。

#### 産業上の利用可能性

5      以上のように、本発明にかかる光増幅装置は、波長多重伝送の光中継器等において用いるのに適している。

## 請 求 の 範 囲

1. 入力信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
5 前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の出力レベルを制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
10 を有していることを特徴とする光増幅装置。
2. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光増幅装置。  
15
3. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光増幅装置。
- 20 4. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光増幅装置。
- 25 5. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光

増幅装置。

6. 入力波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器によ  
る出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の波長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の励起  
光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

7. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光  
信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第6  
項に記載の光増幅装置。

8. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レ  
ベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第6項に記  
載の光増幅装置。

9. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多  
重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波  
数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第  
6項に記載の光増幅装置。

10. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信  
号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波

して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第6項に記載の光増幅装置。

- 1 1. 入力の変長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
5 前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の変長に関する利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
10 前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

- 1 2. 前記利得傾斜検出手段は、変長多重信号光を分波し、最短波と最長波の  
15 光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第1 1項に記載の光増幅装置。

- 1 3. 前記利得傾斜検出手段は、変長多重信号光を分波し、3波以上の光信号  
20 レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第1 1項に記載の光増幅装置。

- 1 4. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された変長  
多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周  
波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲  
25 第1 1項に記載の光増幅装置。

- 1 5. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された変長多重信

号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 11 項に記載の光増幅装置。

- 5    16.    入力の変長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる変長選択手段と、  
10    前記変長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光増幅器の励起  
15    光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

17.    前記利得傾斜検出手段は、変長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第  
20    16 項に記載の光増幅装置。

18.    前記利得傾斜検出手段は、変長多重信号光を分波し、3 波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 16 項に記載の光増幅装置。

25

19.    最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された変長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周

波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第16項に記載の光増幅装置。

20. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第16項に記載の光増幅装置。

21. 入力の前記波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
10 前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
15 前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
20 を有していることを特徴とする光増幅装置。

22. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の光増幅装置。

23. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第21項

に記載の光増幅装置。

24. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の光増幅装置。

25. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第21項に記載の光増幅装置。

26. 入力 of 波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節することにより利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

27. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の



光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第26項に記載の光増幅装置。

28. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号  
5 レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第26項  
に記載の光増幅装置。

29. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長  
多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周  
10 波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲  
第26項に記載の光増幅装置。

30. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信  
号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波  
15 して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第26項に記載  
の光増幅装置。

31. 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入  
20 する補償光源と、  
前記光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選  
択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
25 前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光  
を制御する出力制御手段と、  
前記光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、

前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

- 5     3 2.    前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 3 1 項に記載の光増幅装置。

- 10    3 3.    前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3 波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 3 1 項に記載の光増幅装置。

- 15    3 4.    最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 3 1 項に記載の光増幅装置。

- 20    3 5.    3 波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 3 1 項に記載の光増幅装置。

- 25    3 6.    入力 of 波長多重信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、  
前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、  
前記第 2 の光増幅器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器によ

る出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、

前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、

前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記第 1 の光増幅器  
と前記第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾

5 斜制御手段と、

を有していることを特徴とする光増幅装置。

37. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の  
光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第  
10 36項に記載の光増幅装置。

38. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号  
レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第36項  
15 に記載の光増幅装置。

39. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長  
多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周  
波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲  
20 第36項に記載の光増幅装置。

40. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信  
号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波  
して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第36項に記載  
25 の光増幅装置。

41. 入力の波長多重信号光を増幅する第1の光増幅器と、  
前記第1の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、

- 前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、  
前記第2の光増幅器の出力側で出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記第1の光増幅器と  
前記第2の光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、
- 5 前記第2の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器に  
よる出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。
- 10 42. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の  
光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第  
41項に記載の光増幅装置。
- 15 43. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号  
レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第41項  
に記載の光増幅装置。
- 20 44. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長  
多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周  
波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲  
第41項に記載の光増幅装置。
- 25 45. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信  
号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波  
して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第41項に記載  
の光増幅装置。

- 4 6. 入力の変長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記信号光を増幅する第 1 の光増幅器と、  
5 前記第 1 の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第 2 の光増幅器と、  
前記第 2 の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
10 前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を制御する出力制御手段と、  
前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
15 を有していることを特徴とする光増幅装置。

- 4 7. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 4 6 項に記載の光増幅装置。

20

- 4 8. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3 波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 4 6 項に記載の光増幅装置。

- 25 4 9. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲

第46項に記載の光増幅装置。

50. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第46項に記載の光増幅装置。

51. 入力 of 波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記信号光を増幅する第1の光増幅器と、  
前記第1の光増幅器の出力信号光を減衰する光可変減衰器と、  
前記光可変減衰器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、  
前記第2の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
前記第2の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記光可変減衰器による出力信号光の減衰量を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

52. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第51項に記載の光増幅装置。

- 5 3. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第51項に記載の光増幅装置。
- 5 5 4. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第51項に記載の光増幅装置。
- 10 5 5. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第51項に記載の光増幅装置。
- 15 5 6. 入力の波長多重信号光を増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、  
前記信号光を増幅する第1の光増幅器と、  
前記第1の光増幅器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、  
20 前記第2の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、  
前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記第1の光増幅器と前記第2の光増幅器の励起光源の出力光を制御する出力制御手段と、  
25 光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、  
前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記補償光源の出力光を調節して利得傾斜を制御する利得傾斜制御手段と、

を有していることを特徴とする光増幅装置。

57. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第

56項に記載の光増幅装置。

58. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3波以上の光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第56項に記載の光増幅装置。

10

59. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第56項に記載の光増幅装置。

15

60. 3波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第56項に記載の光増幅装置。

20

61. 入力の波長多重信号光を励起光源で増幅する光増幅器と、  
前記光増幅器への前記入力信号光の伝播方向と順方向に伝播する補償光を注入する補償光源と、

前記信号光を増幅する第1の光増幅器と、

25 前記第1の光増幅器の出力信号光を増幅する第2の光増幅器と、

前記第2の光増幅器の出力側で補償光を遮断し、信号光のみを透過させる波長選択手段と、



前記波長選択手段の出力側で信号光の出力レベルを検出する出力検出手段と、  
前記出力検出手段により検出される出力レベルに応じて前記補償光源の出力光  
を制御する出力制御手段と、

前記第 2 の光増幅器の利得傾斜を検出する利得傾斜検出手段と、

- 5 前記利得傾斜検出手段により検出される利得傾斜に応じて前記第 1 光増幅器の  
励起光源と前記第 2 の光増幅器の励起光源の出力光を調節して利得傾斜を制御す  
る利得傾斜制御手段と、  
を有していることを特徴とする光増幅装置。

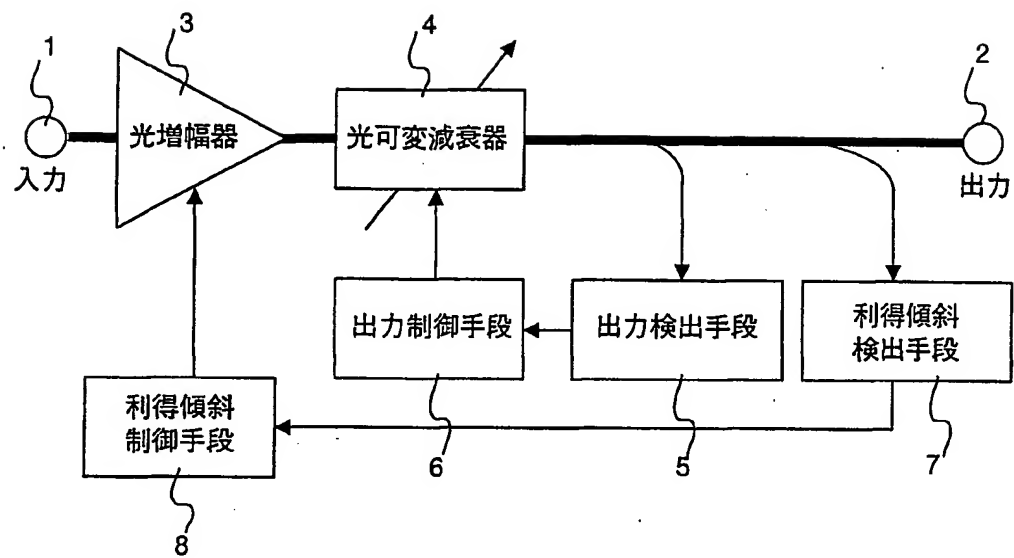
- 10 6 2. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、最短波と最長波の  
光信号レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第  
6 1 項に記載の光増幅装置。

- 15 6 3. 前記利得傾斜検出手段は、波長多重信号光を分波し、3 波以上の光信号  
レベルから利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 6 1 項  
に記載の光増幅装置。

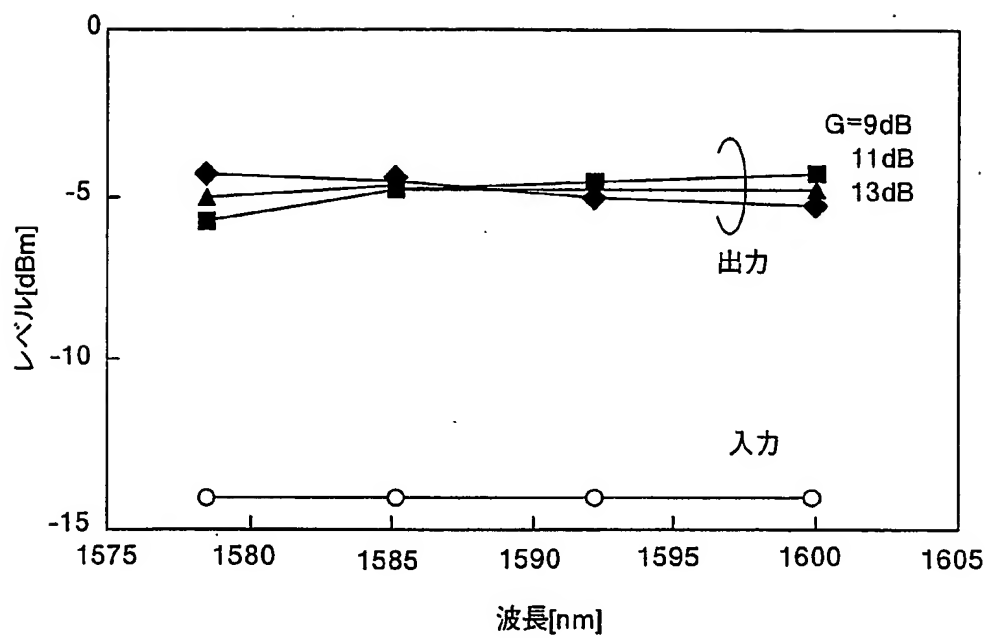
- 20 6 4. 最短波と最長波の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長  
多重信号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、各波長の光信号に重畳された周  
波数成分を検波して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲  
第 6 1 項に記載の光増幅装置。

- 25 6 5. 3 波以上の光信号にそれぞれ異なる周波数成分を重畳された波長多重信  
号光を入力し、前記利得傾斜検出手段は、光信号に重畳された周波数成分を検波  
して利得傾斜を検出するものであることを特徴とする請求の範囲第 6 1 項に記載  
の光増幅装置。

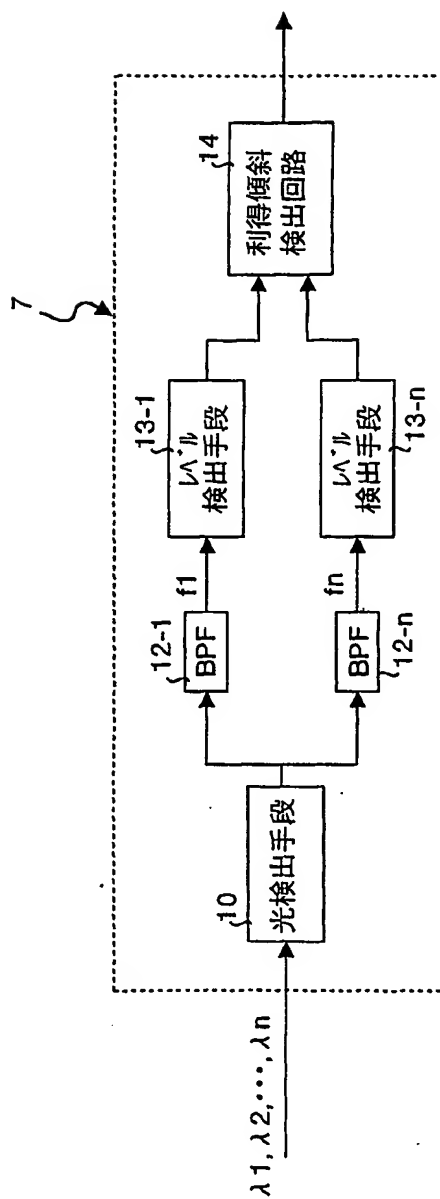
## 第1図



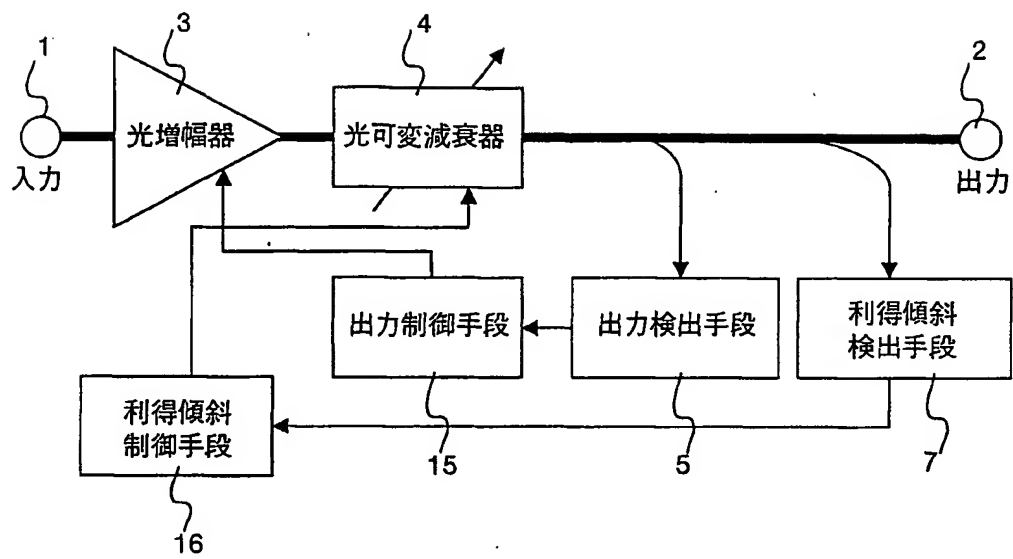
## 第2図



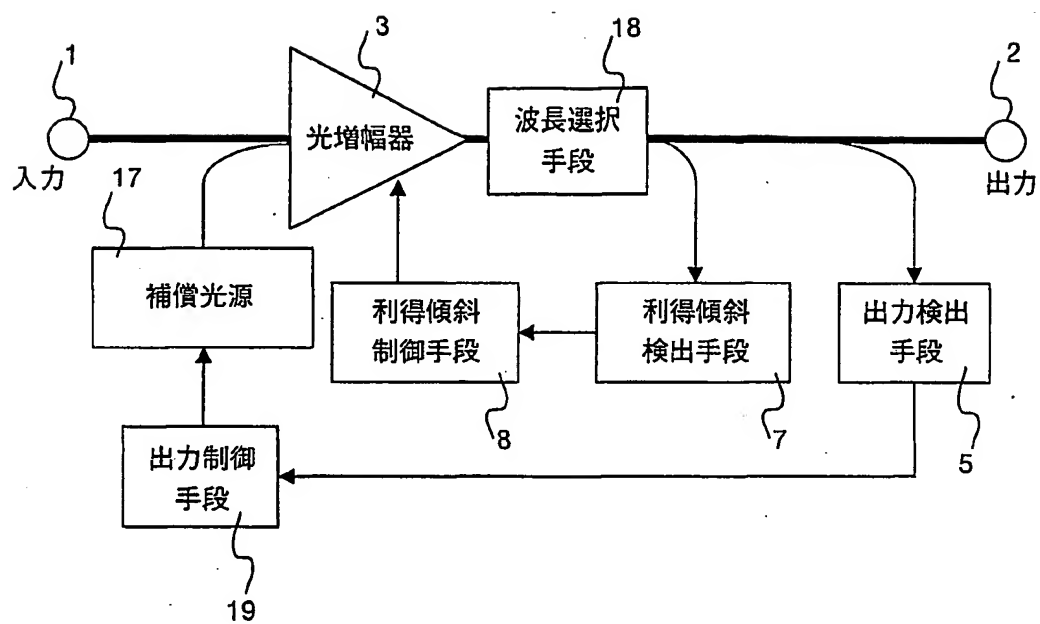
第4図



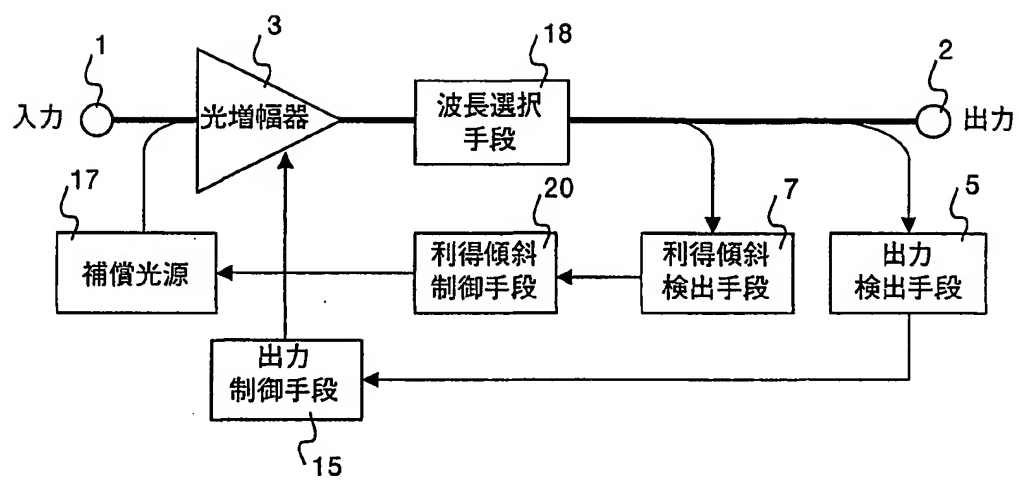
## 第5図



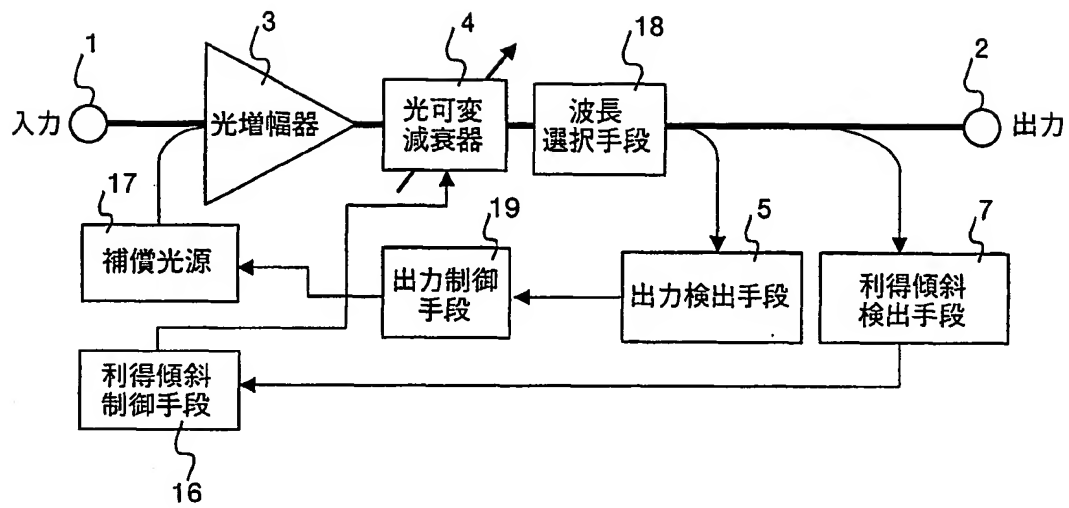
## 第6図



## 第7図

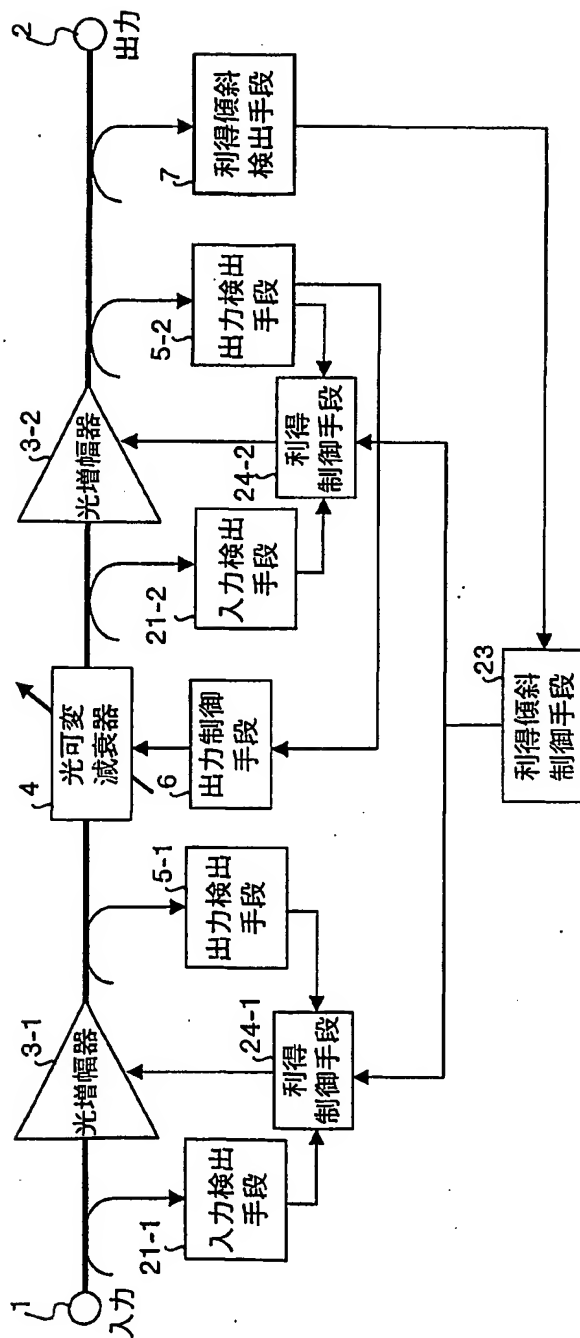


## 第 9 図





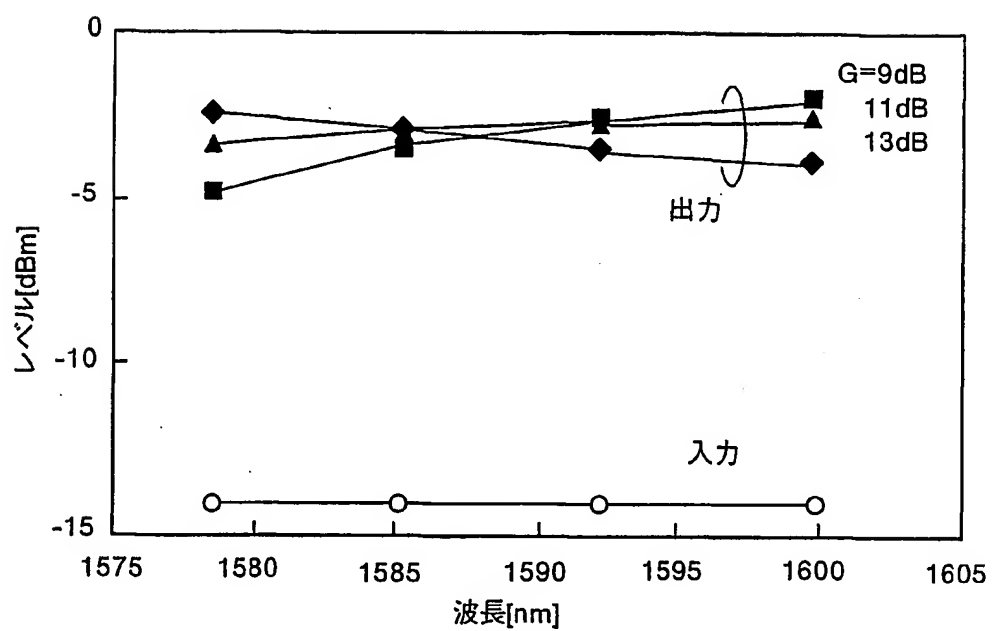
第10図



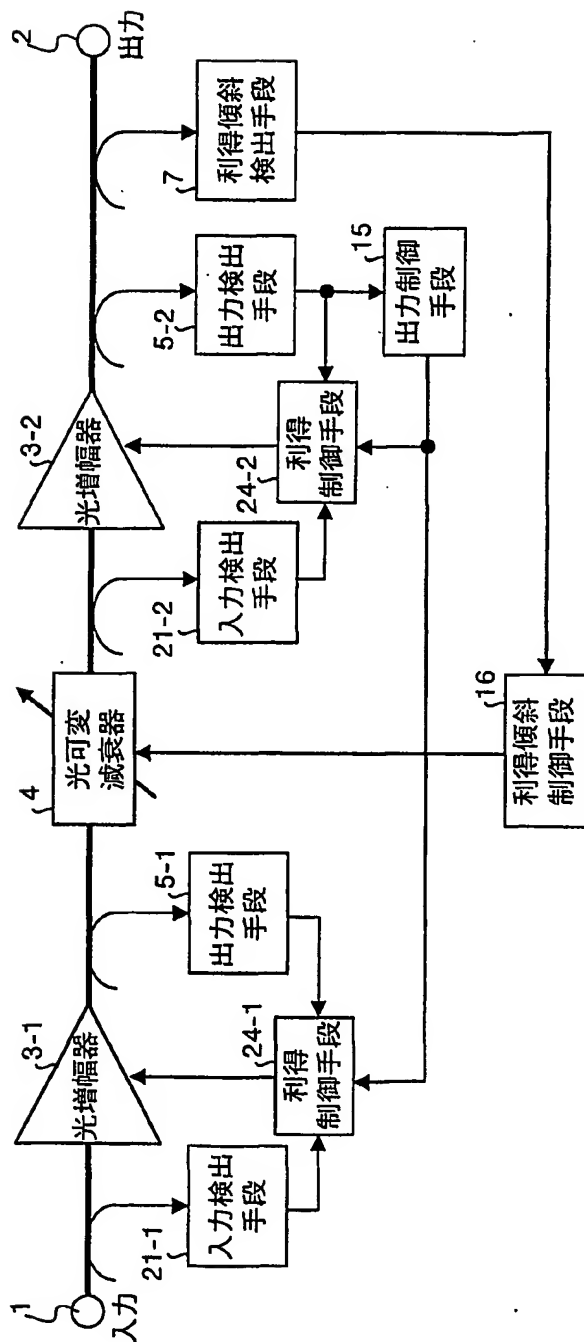


11/17

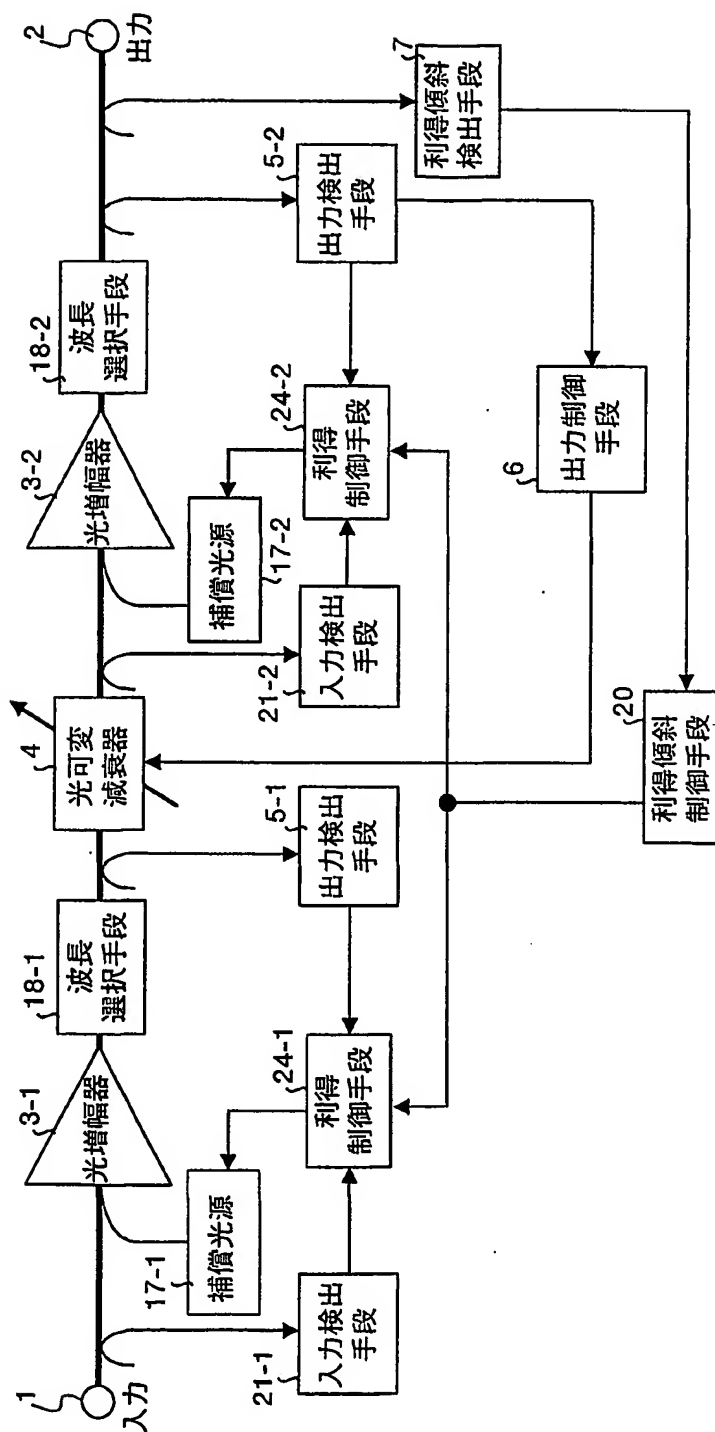
## 第11図



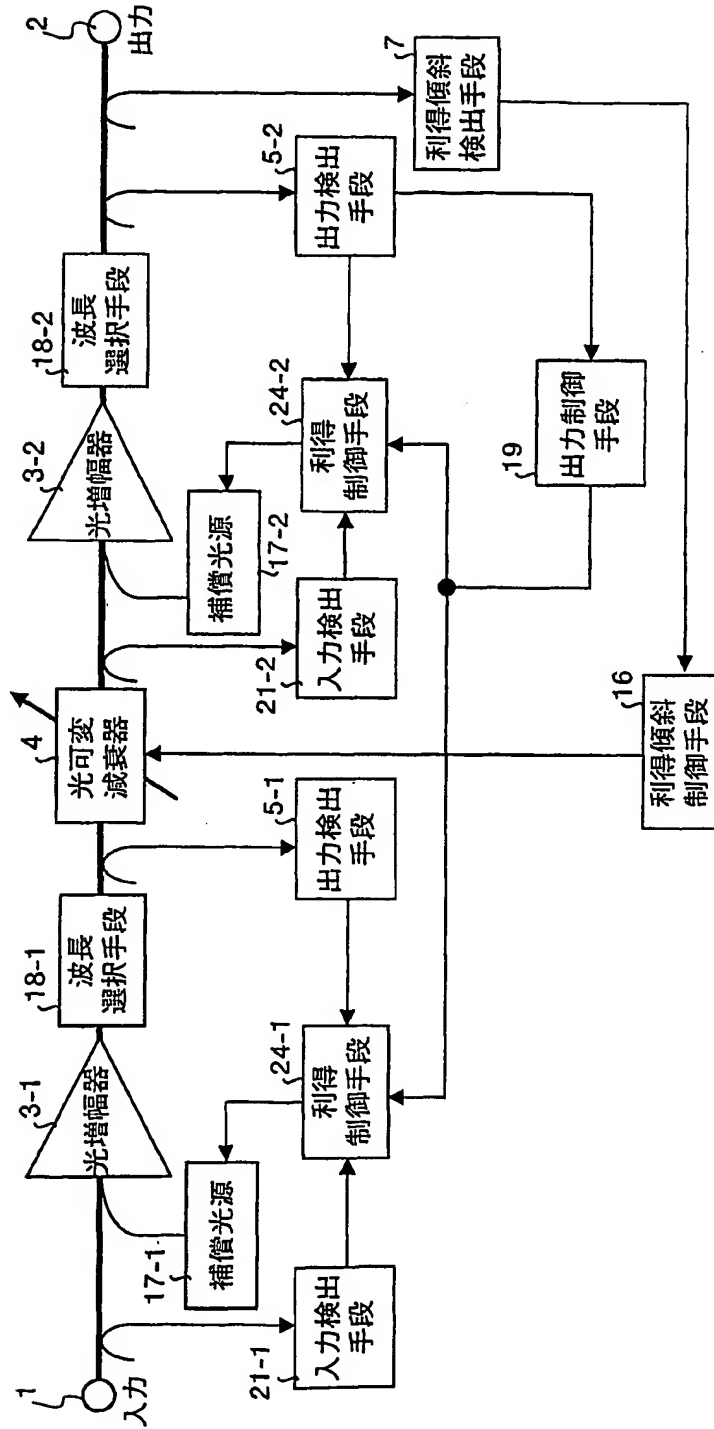
第12図



第13図

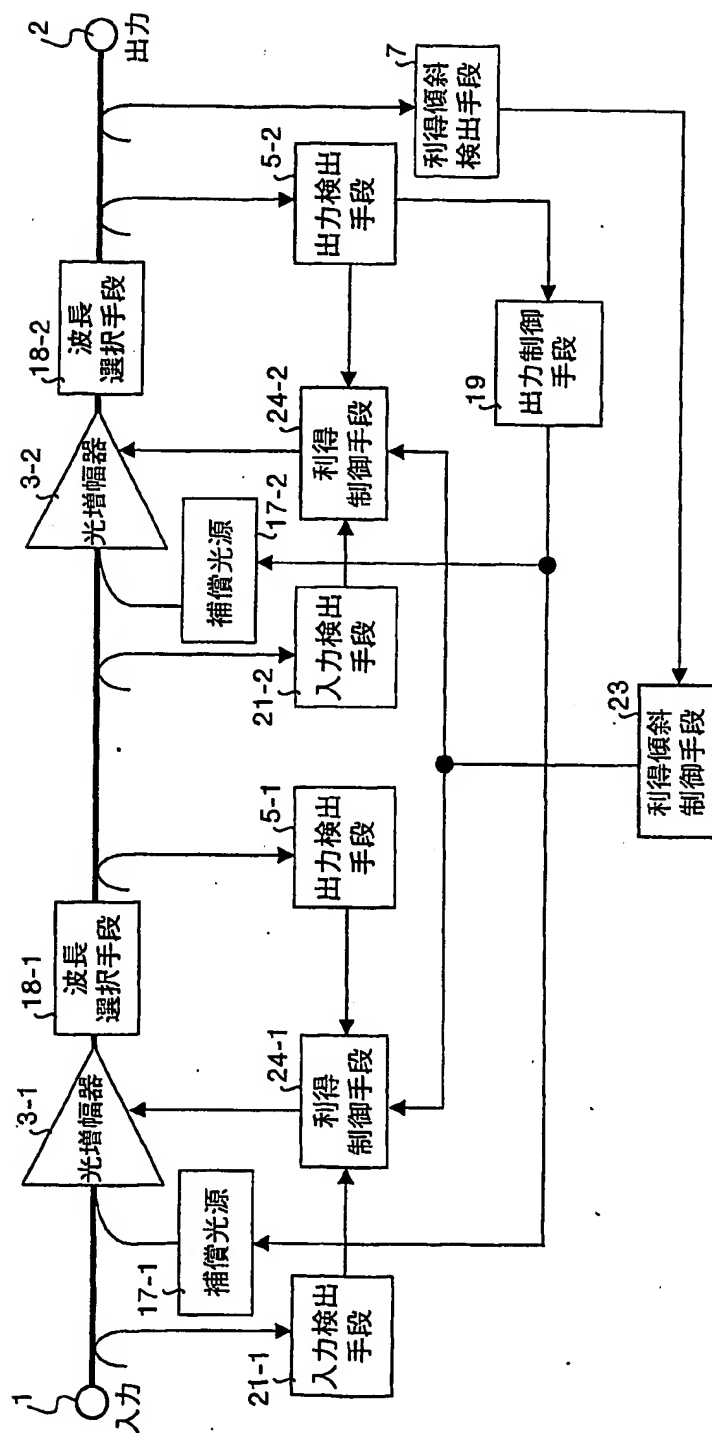


第14図



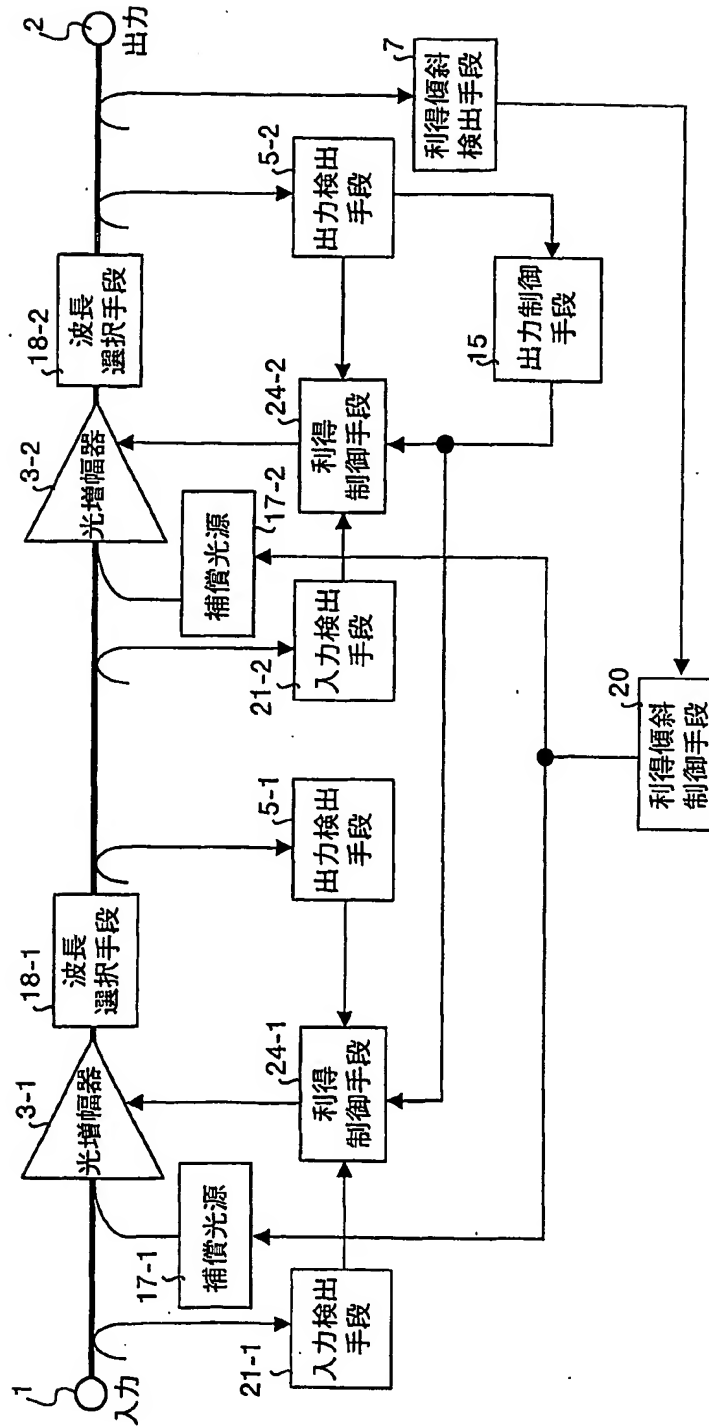


第15図





第16図



## 第17図

